

COMET CDCにおける 宇宙線試験の解析

2017.02.22. 23rd ICEPP Symposium

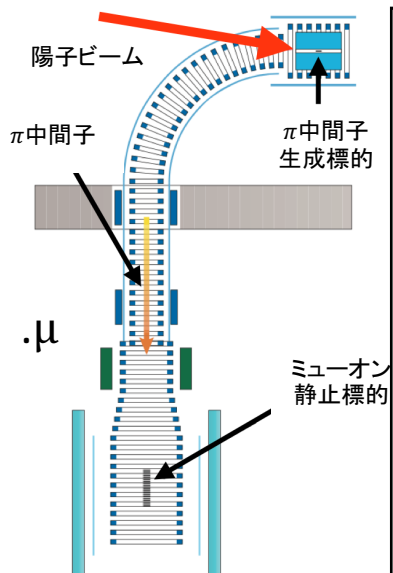
大阪大学 久野研究室

沖中香里

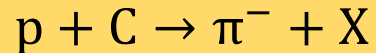
COMET

COMET = Coherent muon to electron transition

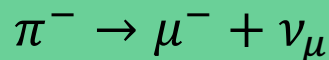
ミュオン電子転換過程の探索を目指す



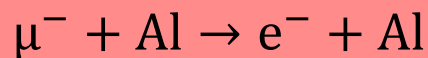
1. パイオン生成



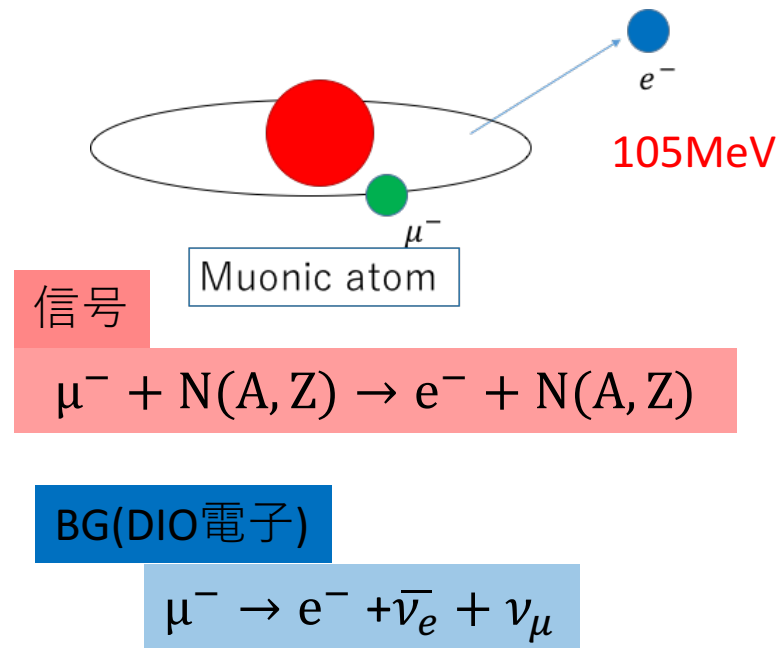
2. μ への π の崩壊



3. $\mu \rightarrow e$ 転換過程

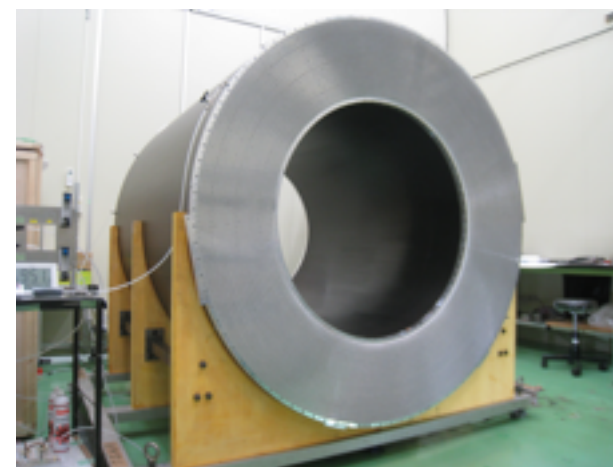
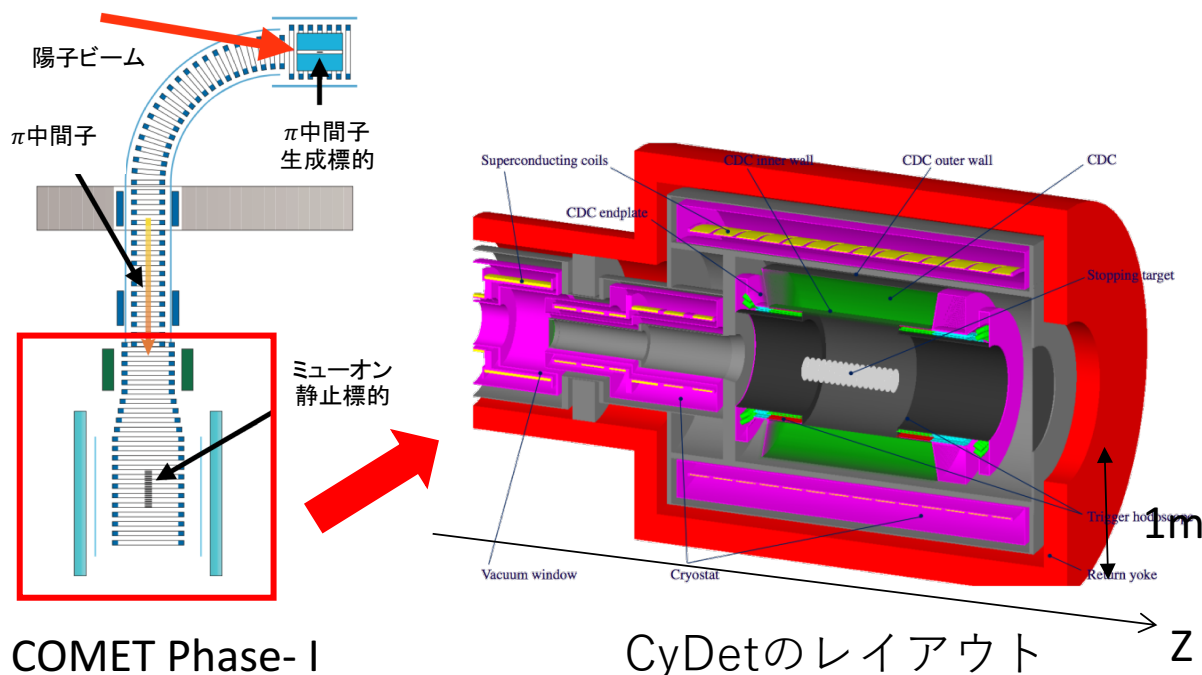


COMET Phase- I



CDC for COMET

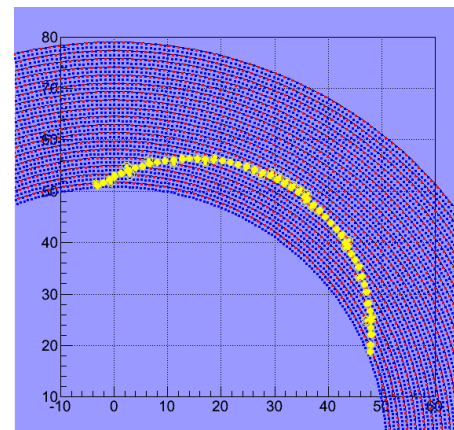
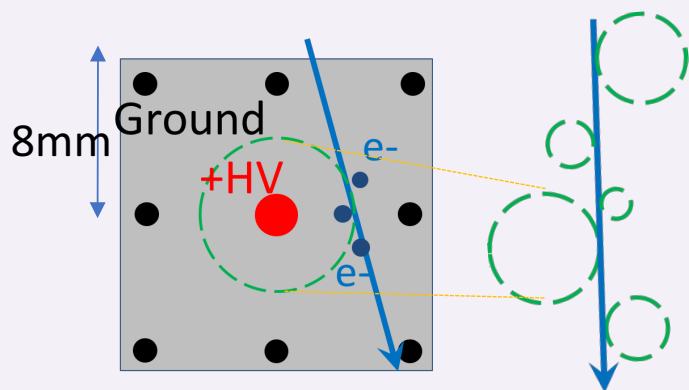
- COMET Phase-Iではミュオン電子転換過程の検出に、円筒型検出器システム(CyDet)を用いる。
- 円筒型ドリフトチェンバー (CDC)はCyDetにおいて重要な機構である。



CDC実物の写真

CDC for COMET

◆ CDCの動作原理



典型的なトラックディスプレイ
(シミュレーション結果より)

Sense wire

材質: Au plated W

ワイヤー数: 4986

Field wire

ワイヤー直径: $25\mu\text{m}$

材質: Al

ワイヤー数: 14562

ワイヤー直径: $126\mu\text{m}$

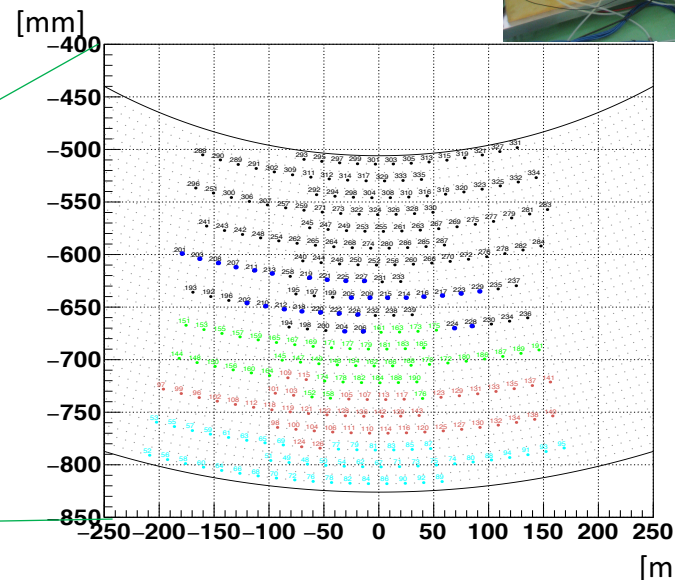
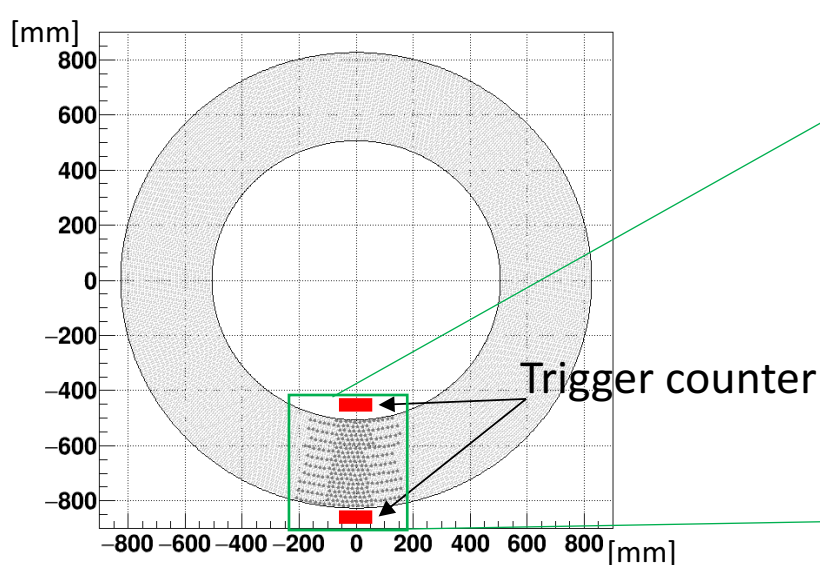
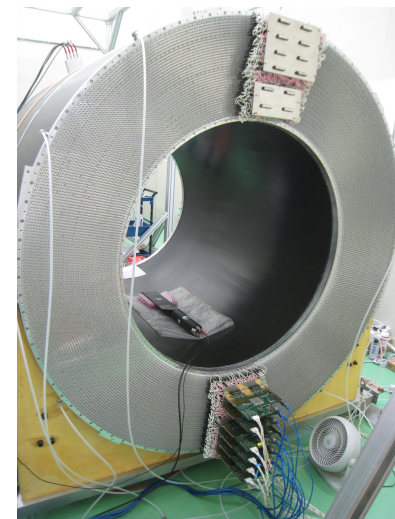
全てステレオワイヤーとなっている

ステレオ角度 $64\sim 75\text{mrad}$

ガス ヘリウムベース

Cosmic-ray test for CDC

- KEKの富士実験棟にて、CDCの宇宙線試験を実施している
- 昨年の夏からデータ取得を開始
- データ解析とCDCの性能評価を行なっている



宇宙線試験でのセットアップ(CDC中心面) 現在用いているワイヤーの配置(CDC中心面)

Motivation

➤ トラッキング, データ解析手法の確立

トラッキングの χ^2 の評価

XTカーブの評価

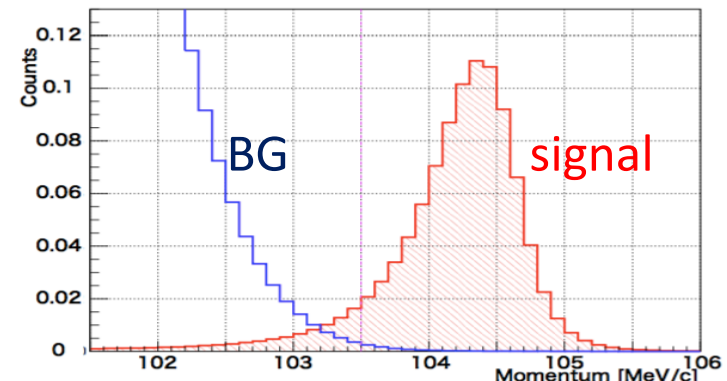
➤ CDCの性能評価

位置分解能

検出効率

COMET CDCに求められる性能

- 運動量分解能200keV/c
(105MeV電子に対して)

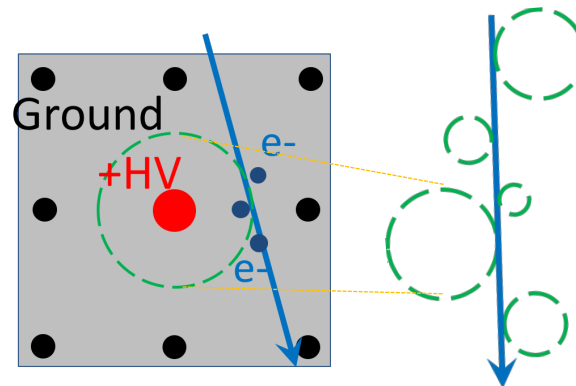


$\mu^-N \rightarrow e^-N$ 信号とDIO電子の
バックグラウンド
(シミュレーションより)

Tracking

Tracking

1. ドリフト時間を求める
2. ドリフト時間からドリフト距離を求める
3. ドリフトサークルを描き、飛跡再構成を行う



Tracking

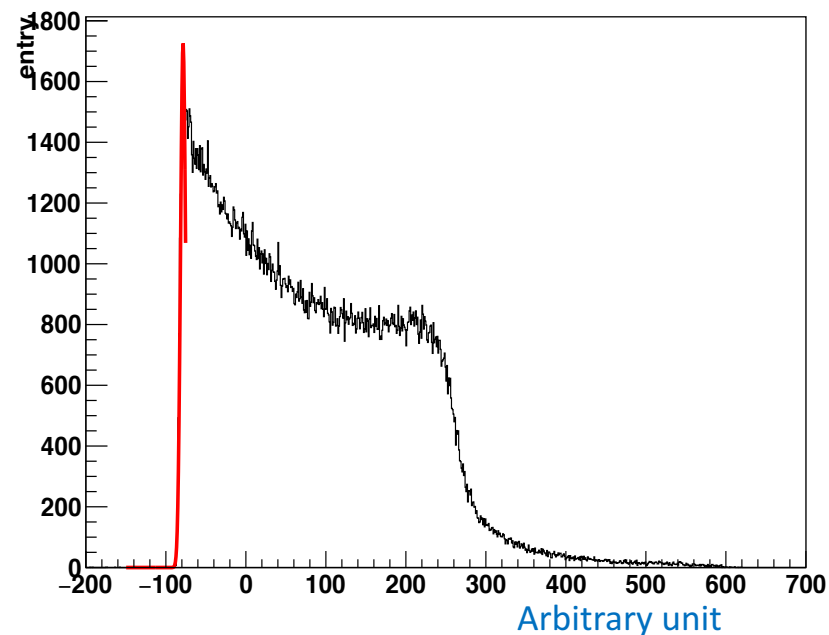
ドリフト時間を求める。

- TDC分布へのフィッティングから T_0 を求める。
- 各ワイヤーでのTDC値 $-T_0 =$ ドリフト時間

信号の時間情報

ガウスフィットして、粒子が通過した時間 T_0 を求める

この T_0 を基準として、ドリフト時間を求める。



Tracking

ドリフト距離を求める。

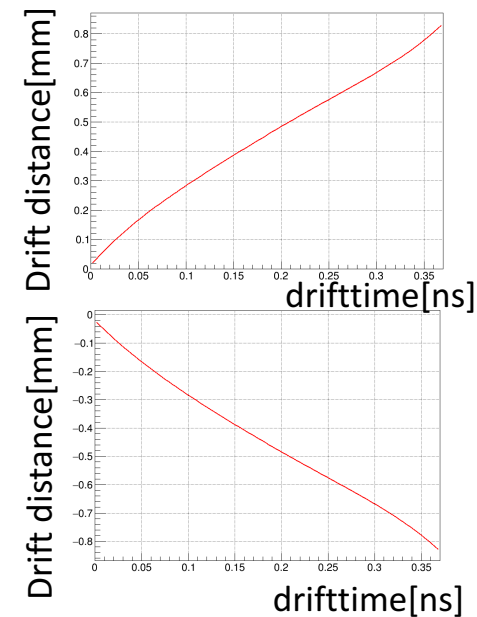
- ドリフト距離とドリフト時間の関係を用いる。

最初のトラッキング

- Garfield でのシミュレーション結果から XT 分布を作成、フィッティングによって XT カーブを求める

2回目以降のトラッキング

- その前のトラッキング結果から得られた XT カーブを使う



XTカーブ

Tracking

ノイズなどを除くためにHit selectionを行う

1つのみヒットがあるレイヤーを選択

更新したXTカーブを使う
(初回はシミュレーションで作った仮のXTカーブ)

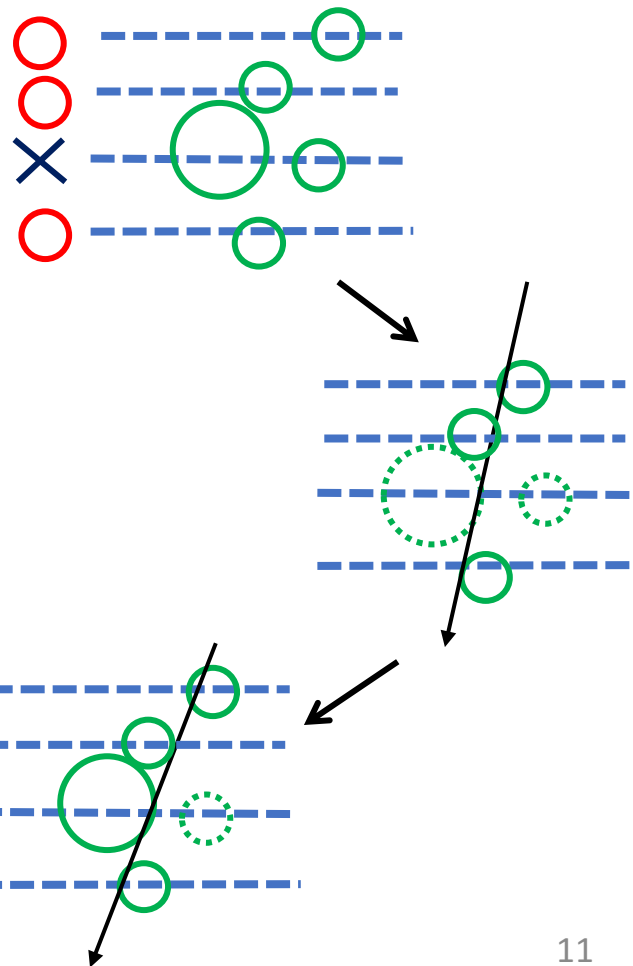
繰り返す
(Iteration)

トラッキング

トラックを用いて再度ヒットを選択

再度トラッキング

XTカーブを更新



Tracking

ノイズなどを除くためにHit selectionを行う

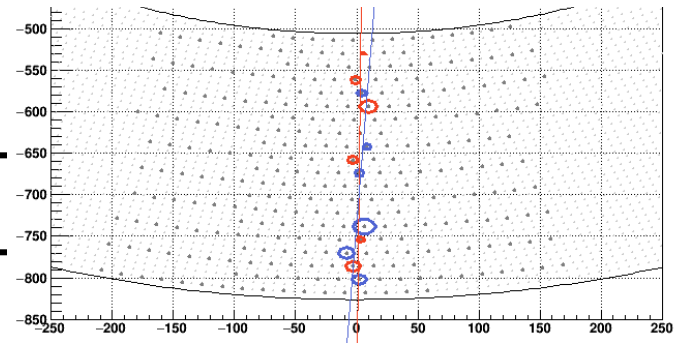
1つのみヒットがあるレイヤーを選択

更新したXTカーブを使う
(初回はシミュレーションで作った仮のXTカーブ)

繰り返す
(Iteration)

トラッキング

このような飛跡を引くことができる



トラックを用いて再度ヒットを選択

再度トラッキング

CDC中心の平面での飛跡の様子

XTカーブを更新

analysis

analysis to check tracking

➤ トラッキングの評価

- 得られたXTカーブの評価
- トラッキングの χ^2 の評価

➤ CDCの性能評価

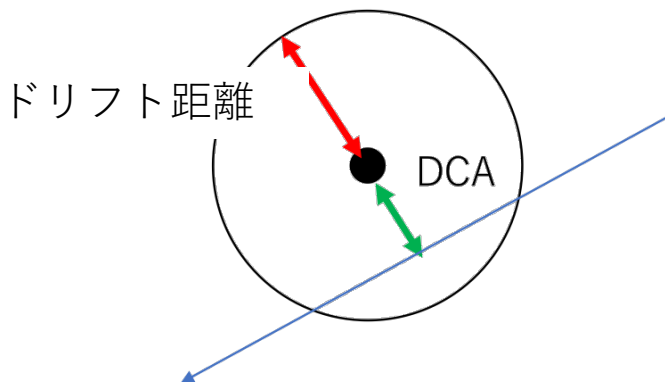
- 位置分解能
- 検出効率

χ^2

- トラッキングの χ^2 = トラッキングの精度に関わる
- イベントの選択に χ^2 のカットを入れている

$$\chi^2 = \sum \frac{(\text{residual})^2}{\sigma^2}$$

* σ ...位置分解能



Residual(=残差)...ドリフト距離 - DCA

DCA(distance closest approach)

=トラックとワイヤーの距離

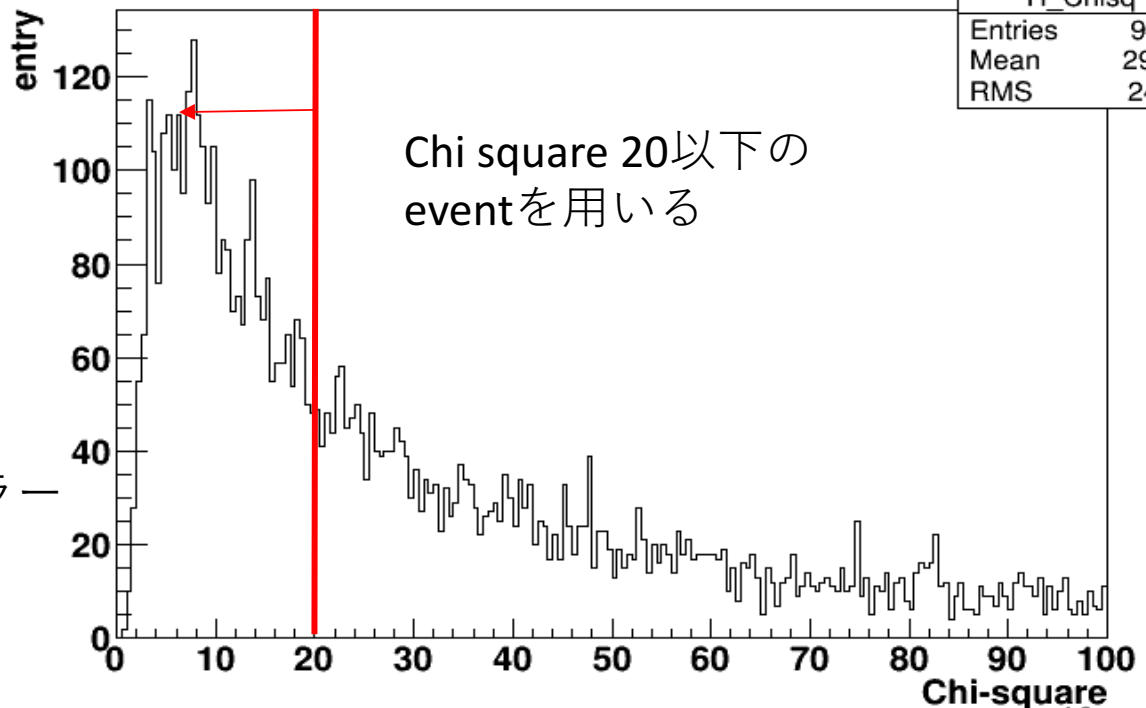
ドリフト距離

=ドリフト時間とXTカーブから求めた距離

χ^2

- トラッキングの χ^2 = トラッキングの精度
- イベントの選択に χ^2 のカットを入れている

1850V (after 3times iteration) Chi-square



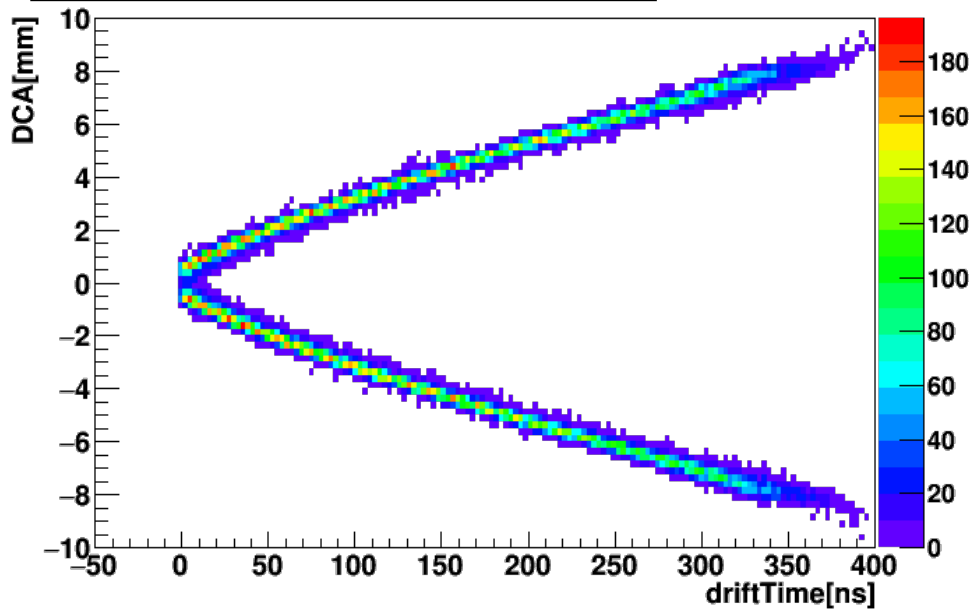
$$\chi^2 = \sum \frac{(residual)^2}{\sigma_{residual}^2}$$

* $\sigma_{residual}$...位置分解能 +
トラッキングエラー

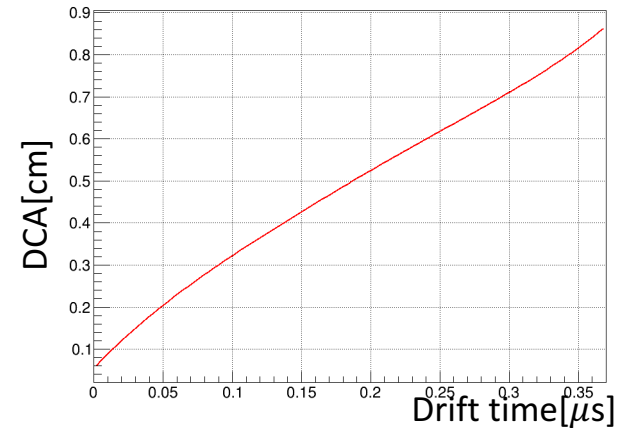
XT Curve check

- トラッキングを行う度に、DCAとドリフト時間の関係からXTカーブを描く。
- 繰り返しトラッキングを行うことで、より真に近いXTカーブが得られる。

1850V (after 3times iteration)



XT分布



XTカーブ

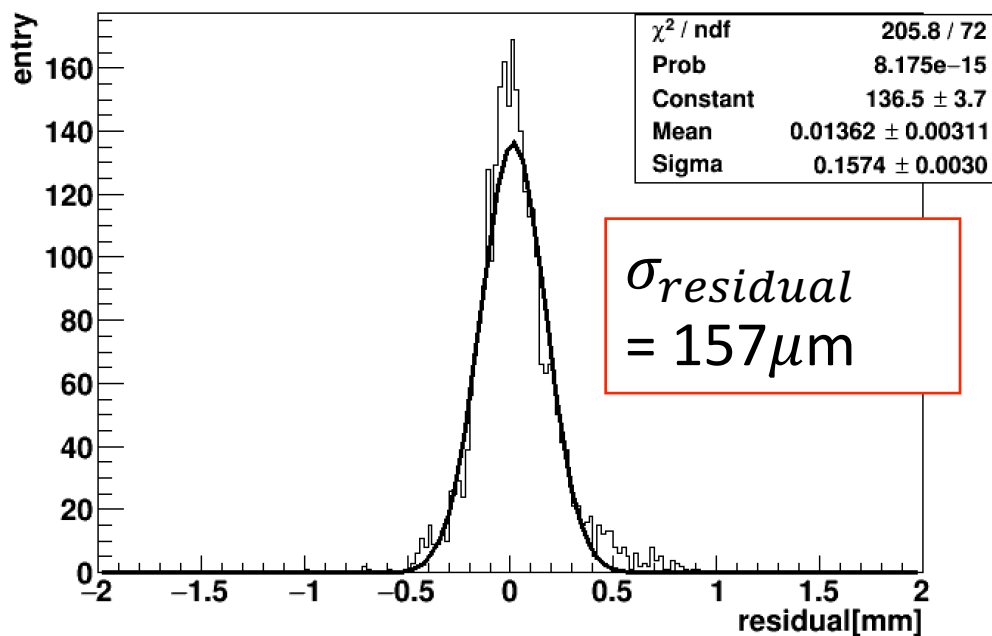
Residual distribution

ドリフト時間から求めたドリフト距離と
トラックとワイヤーの距離(=DCA)の残差分布を作成。

$$\sigma = \text{位置分解能} + \text{トラッキングエラー}$$

1850V (after 3times iteration)

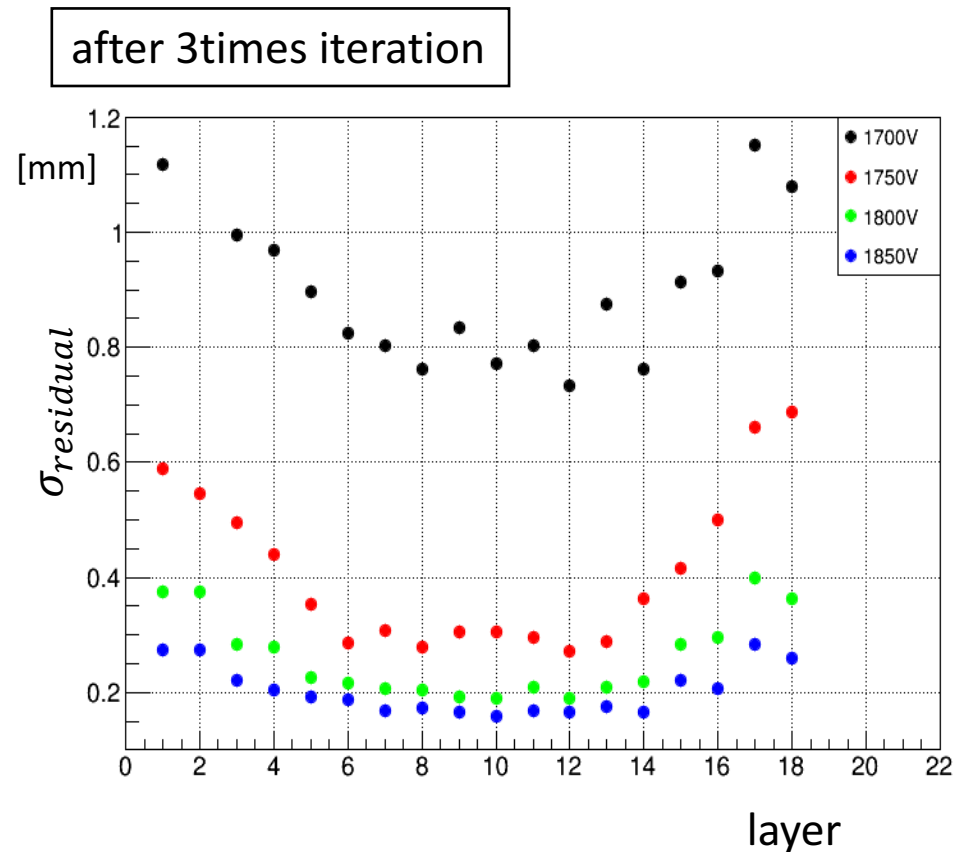
1850V : Residual chisqcut



Performance check for CDC

CDCの位置分解能をレイヤー、印加電圧(HV)ごとに求める。

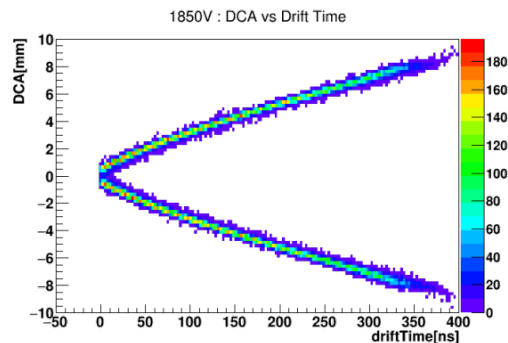
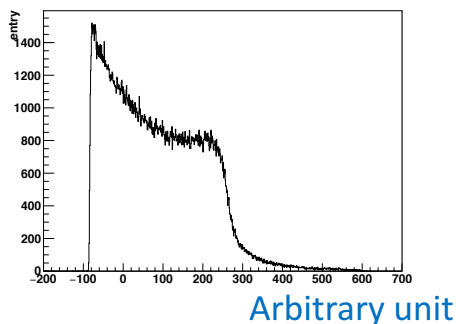
- HVが1850V,1800Vの時、約200 μm の位置分解能を持っている
- 端のレイヤーほど位置分解能が悪い
→真ん中のレイヤーに比べて、トラッキングエラーが大きいため。
- HVが高いほど位置分解能が良い



Relation between HV and resolution

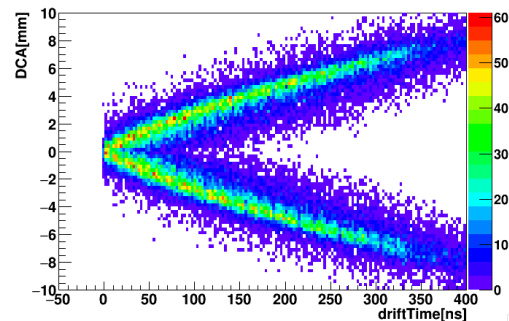
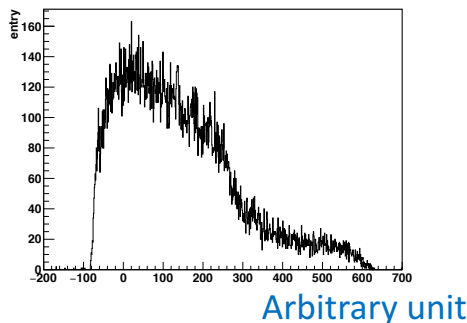
HV高い 1850V

- i. 電場が強く、電子の広がりが小さい
- ii. Gainが大きく、信号がシャープになり時間分解能良い



HV低い 1700V

- i. 電場が弱く、電子の広がりが大きい
- ii. Gainが小さく、信号が鈍ってしまい時間分解能が悪くなる



Performance check for CDC

CDCの各レイヤーでの検出効率を求めた。

$$\text{Hit Efficiency (レイヤーごと)} = \frac{\text{あるレイヤー上にヒットがあるイベント数}}{\text{トラッキングが成功したイベント数}}$$

<分母の条件>

トラッキングが引けている

$\chi^2 < 20$

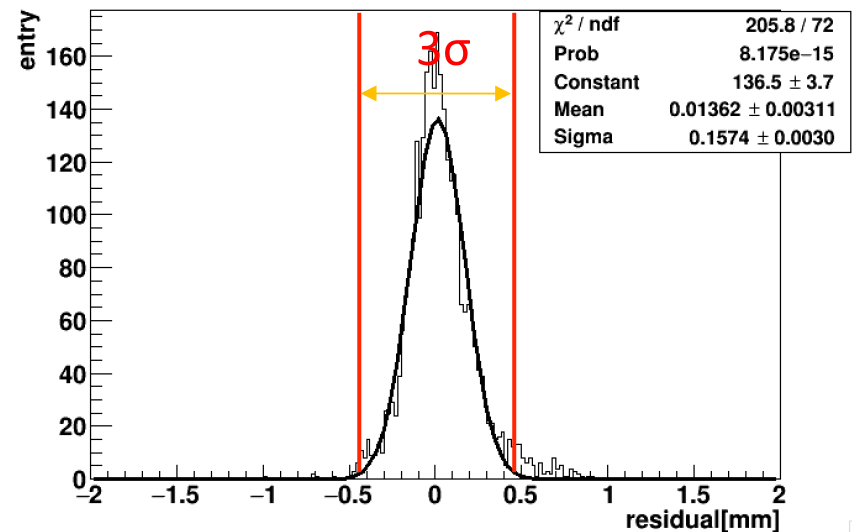
ヒットが一つのみレイヤーが17以上(20レイヤーあるうち)

<分子の条件>

あるレイヤーにヒットがあること
そのヒットの残差が $3\sigma_{residual}$ 以内
であること

after 3times iteration

1850V : Residual chisqcut

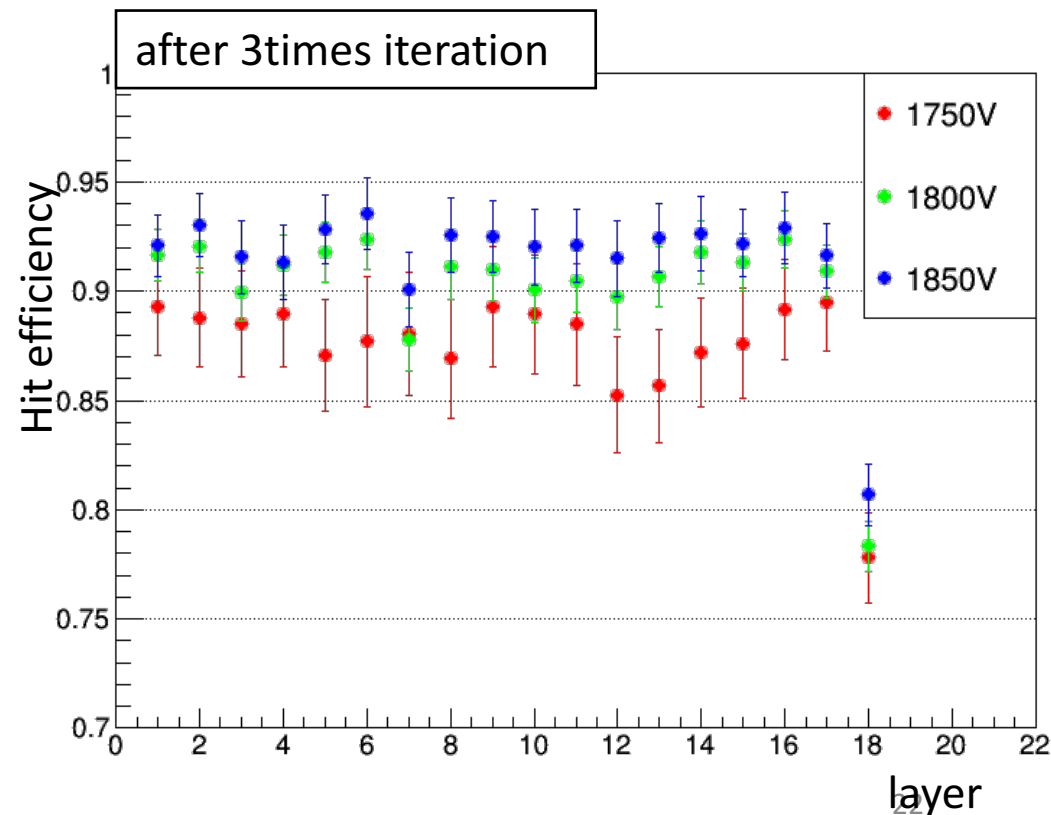


Performance check for CDC

CDCの各レイヤーでの検出効率を求めた。

$$\text{Hit Efficiency (レイヤーごと)} = \frac{\text{あるレイヤー上でヒットしたイベント数}}{\text{トラッキングが成功したイベント数}}$$

- HVが低いとヒットする確率が下がる
- HV低いほどGainが低い
- Gainが小さいと、信号が認識されない



summary

- 現在COMET Phase-Iに用いるCDCの性能評価のため、宇宙線試験を行なっている。
- 解析のためのコードを開発し、飛跡再構成を行なった。
- 再構成された飛跡より、残差分布の σ はHV1850V時で約 $200\mu\text{m}$ となった。
- 検出効率及び残差分布の σ は印加電圧に依存している。

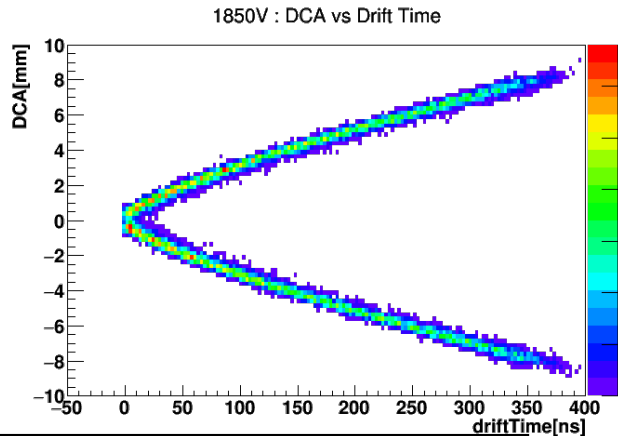
<今後>

- z依存性も考慮した飛跡再構成を行う。
- トラッキングエラーを考慮した上で位置分解能を求める。

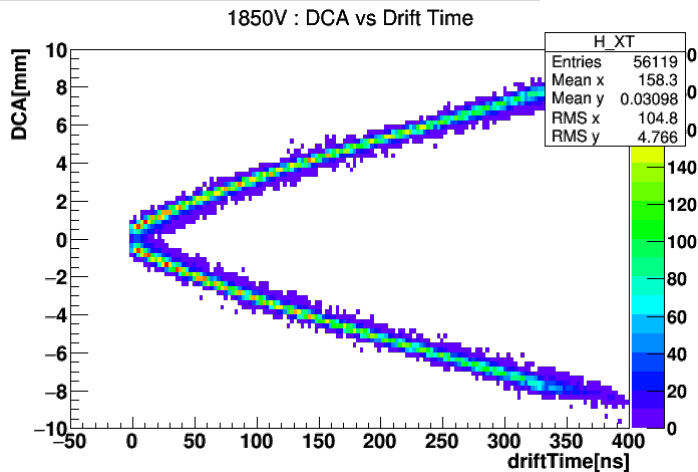
Back up

XT Curve

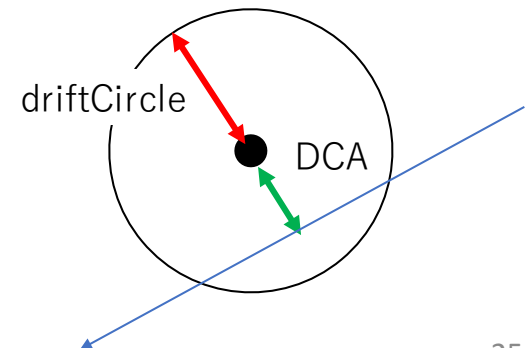
1850V (after first tracking)



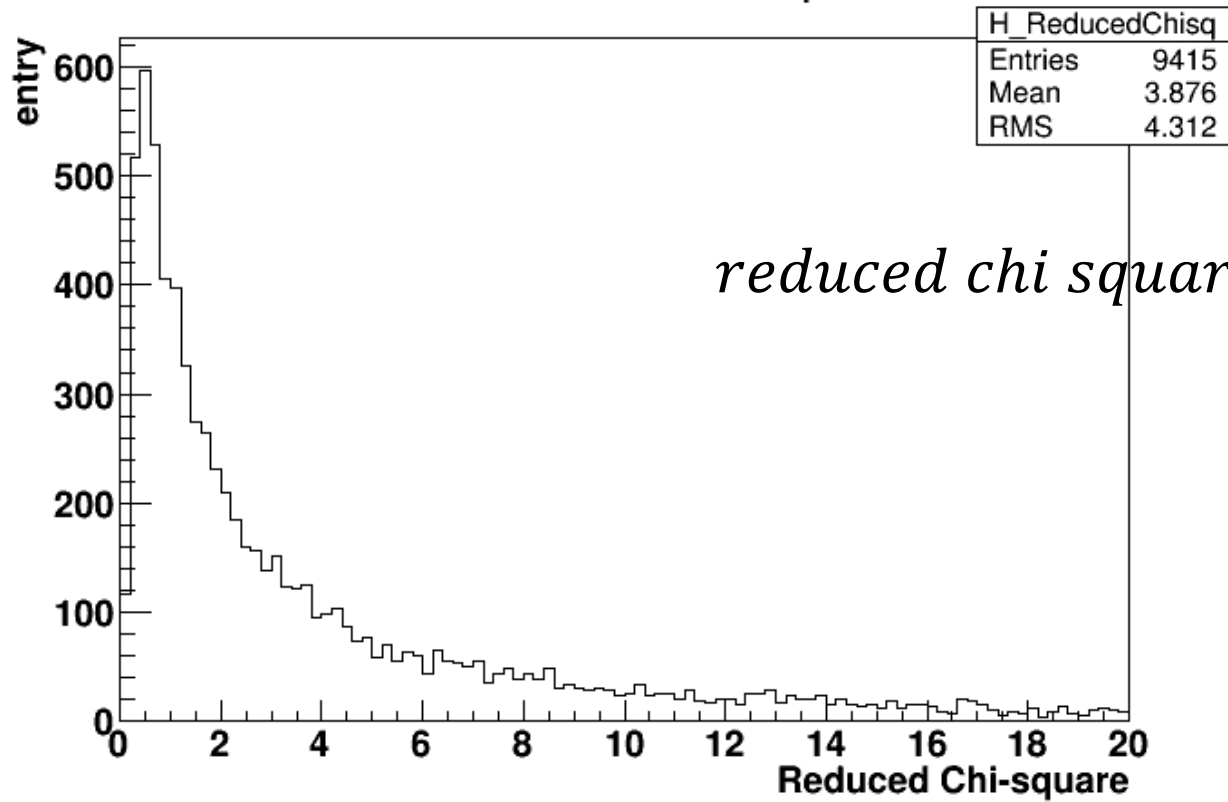
1850V (after 3times iteration)



- トラッキングを行う度に、DCAとドリフト時間の関係、XTカーブを描く。
- 繰り返しトラッキングを行うことで、より真に近いXTカーブが得られる。



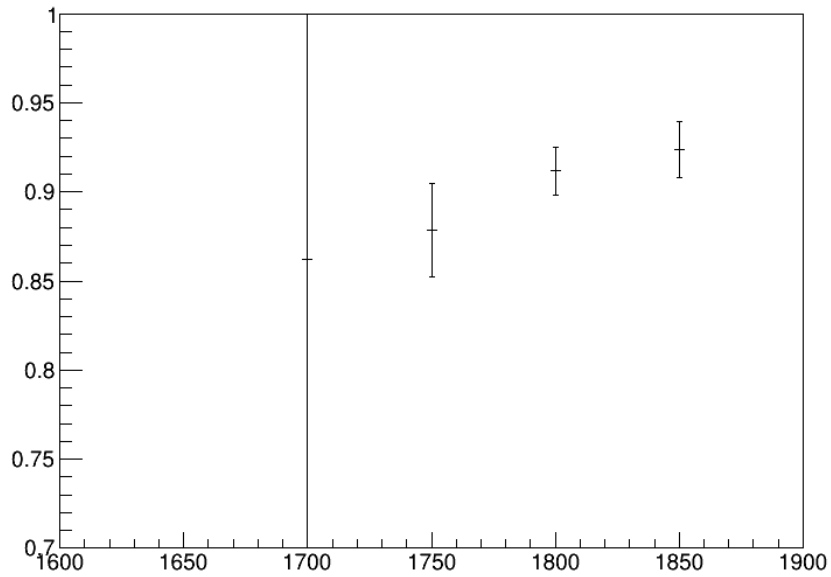
1850V : Reduced Chi-square



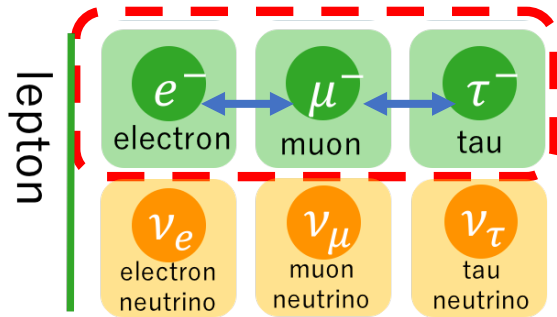
$$\text{reduced chi square} = \frac{\chi^2}{\nu}$$

HV realation

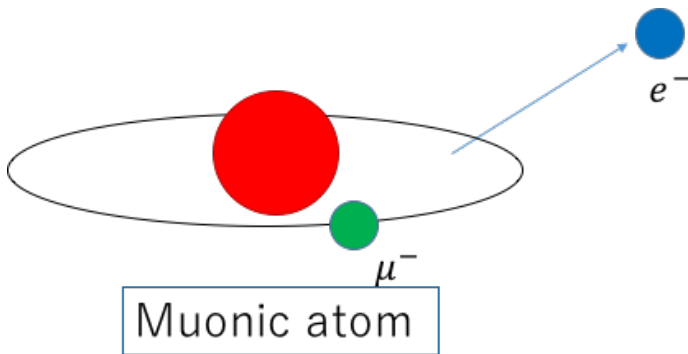
- HV:efficiency



mu-e conversion



→ Charged Lepton Flavor Violation
= cLFV have never been observed.



Muonic atom



◆ Standard Model

Branching ratio $\sim 10^{-54}$

◆ Beyond SM

Branching ratio $\sim 10^{-15}$

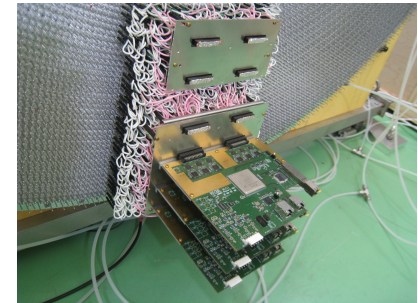
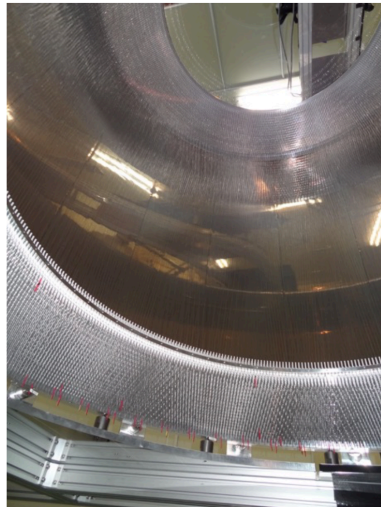
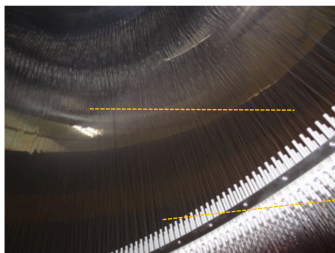
Research for New Physics

CDC for COMET

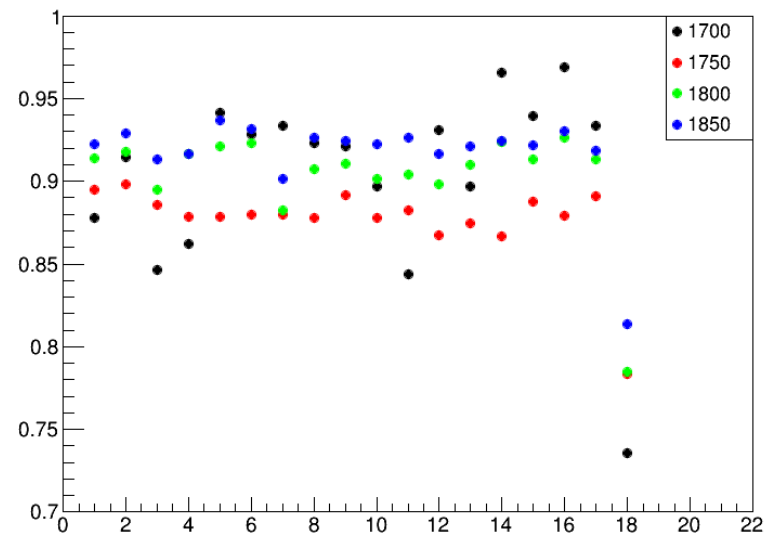
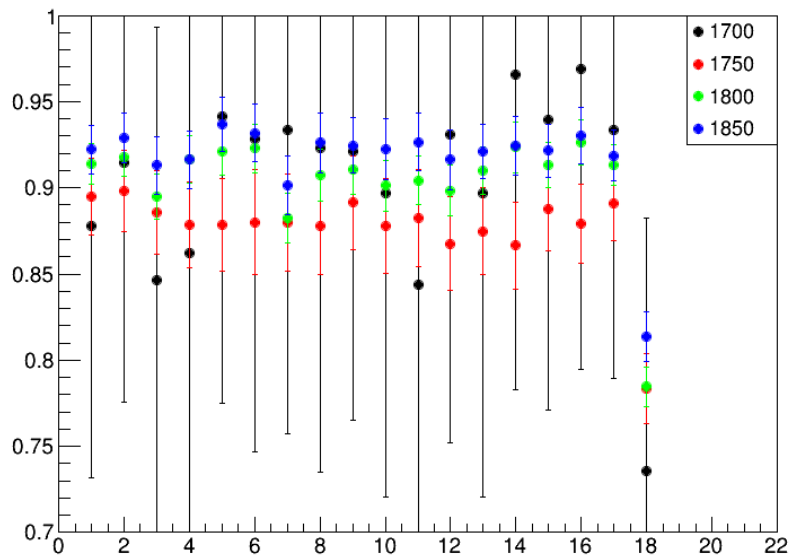
From 2015 , we have strung wire for CDC and checked the tension all wire.

2016.Summer we finish to construct CDC!

Pictures just after the Completion

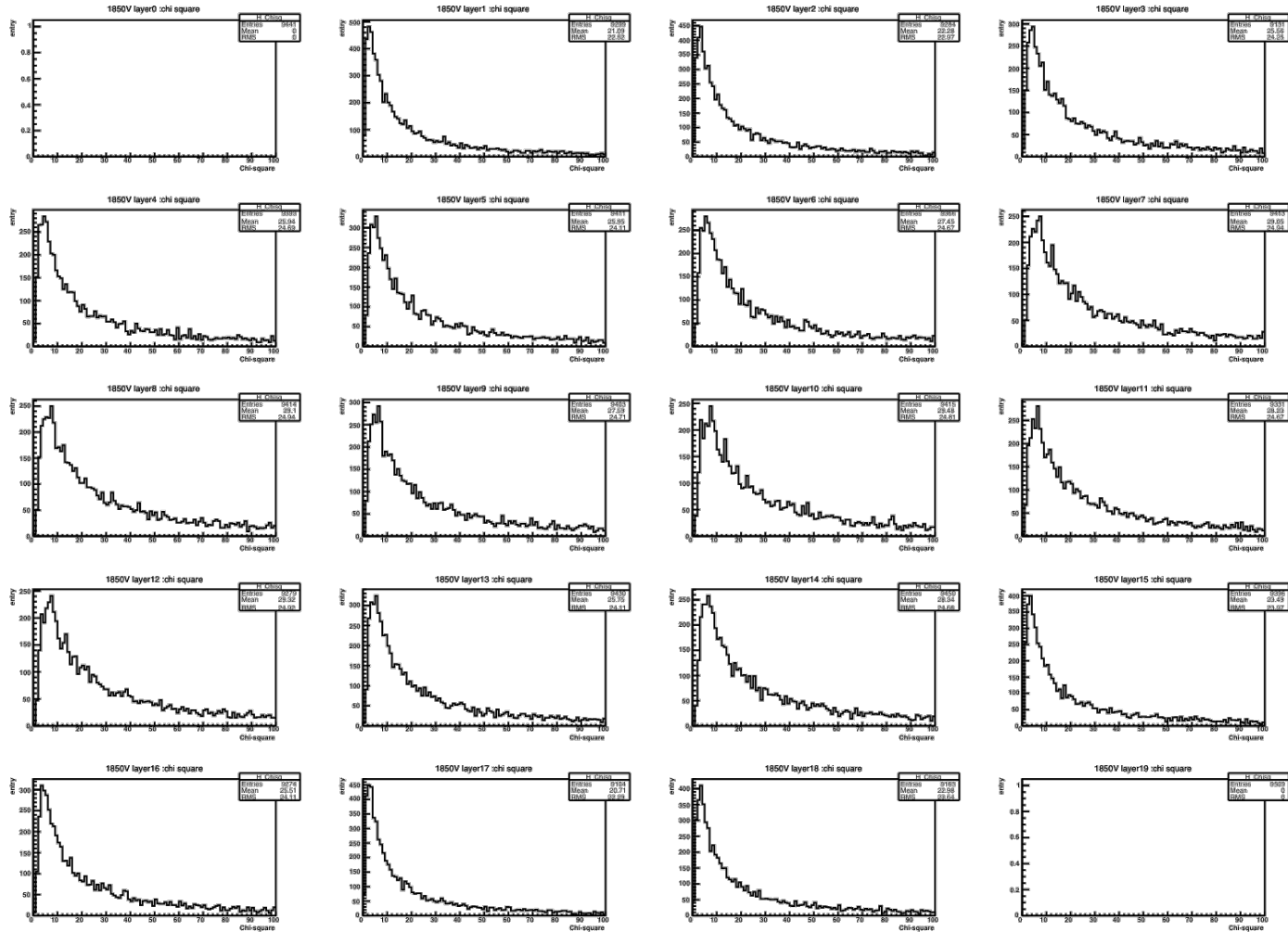


after 2times iteration



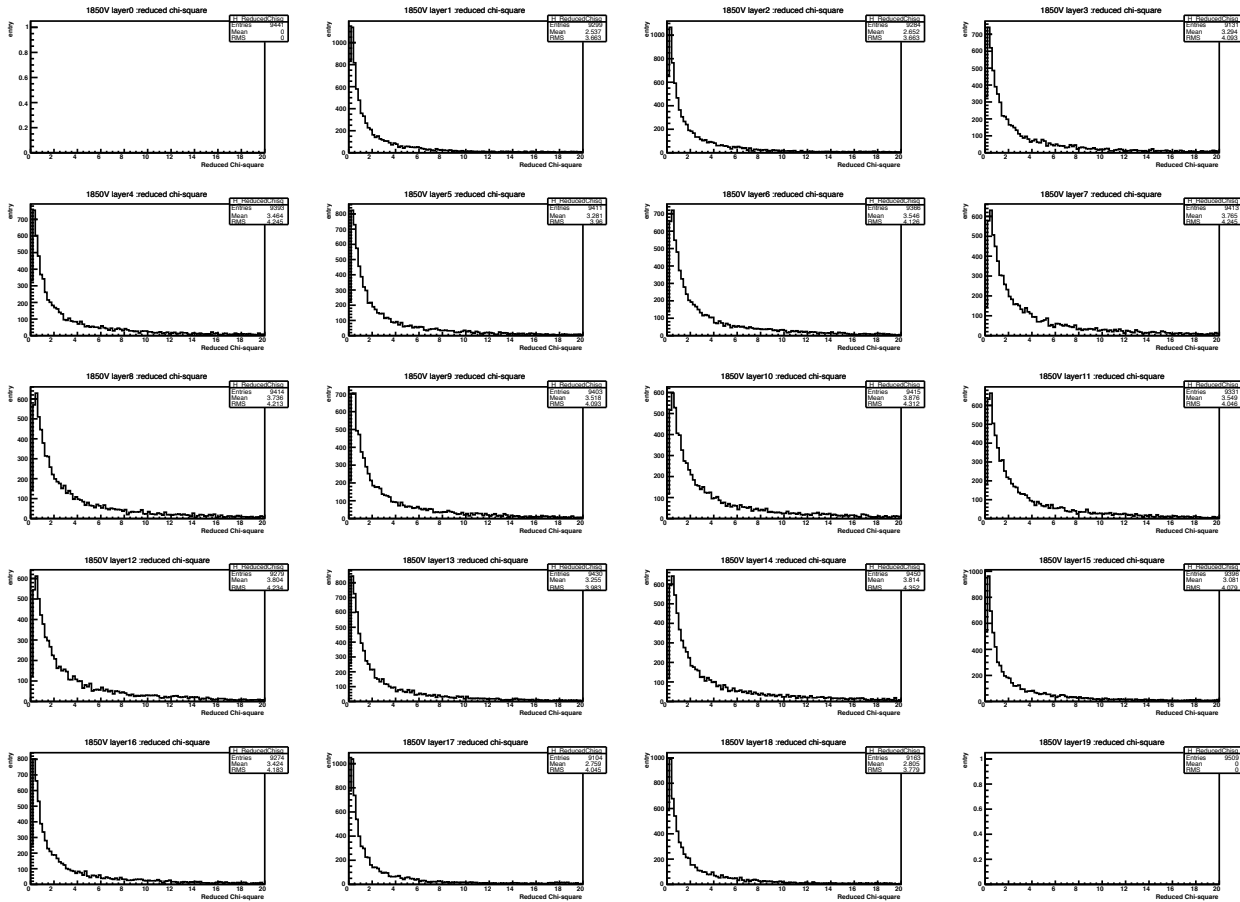
chi square

1850V (after 3times iteration)



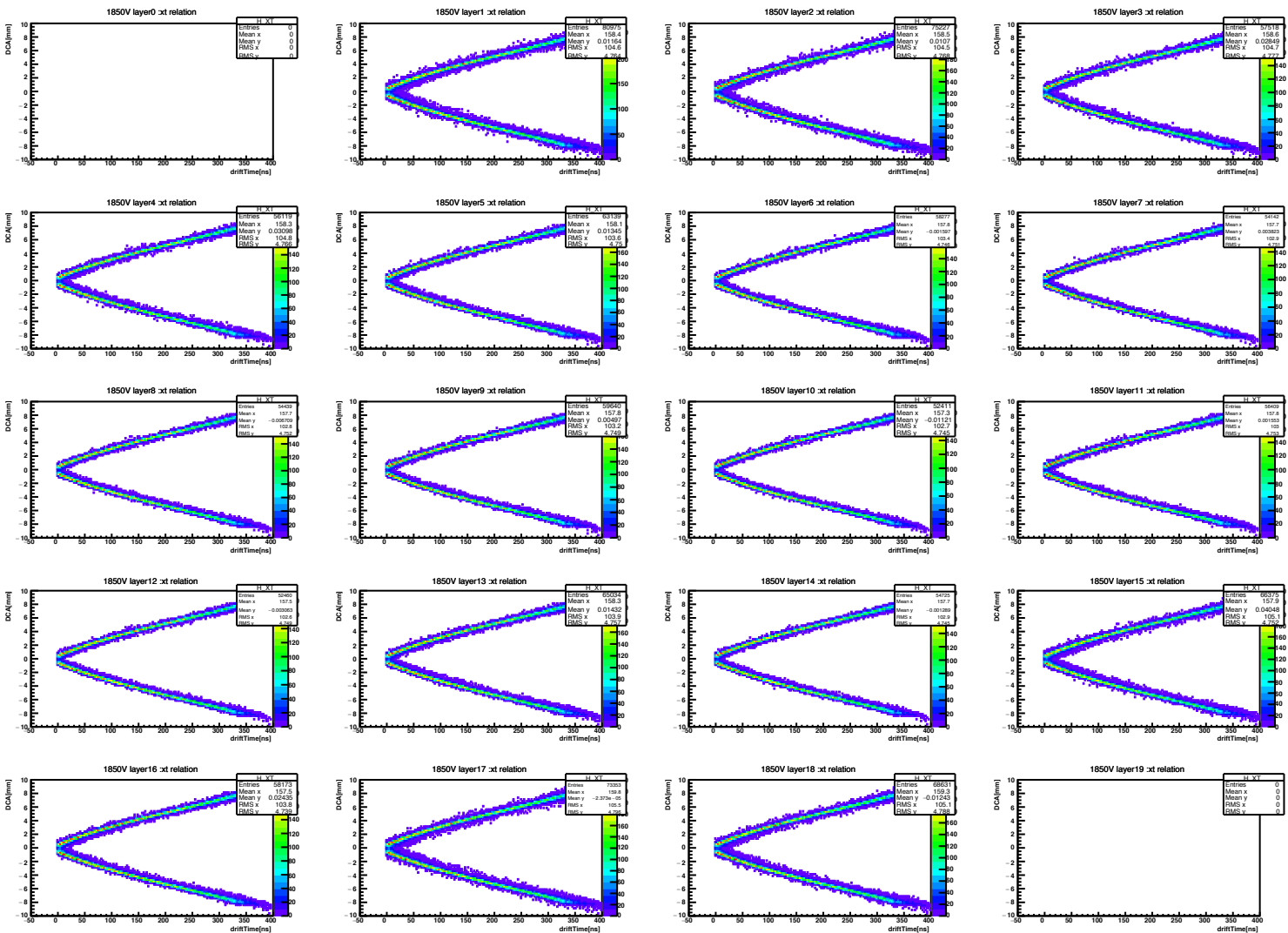
Reduced chi square

1850V (after 3times iteration)



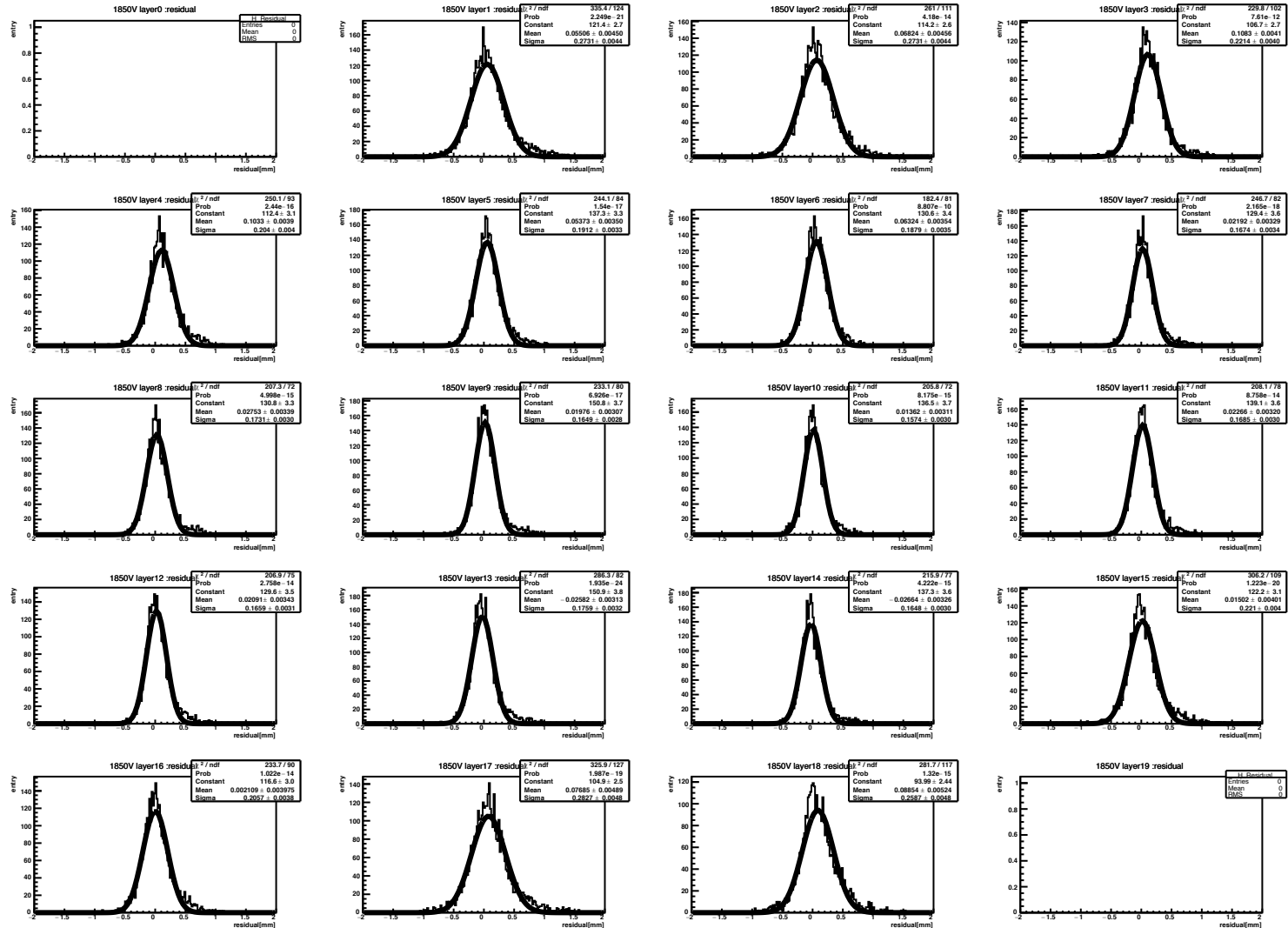
XT relation

1850V (after 3times iteration)



Residual

1850V (after 3times iteration)



XT Curve check

- 全レイヤーを用いた再構成
- Layer2以外のレイヤーを用いた再構成

